

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-244109  
 (43)Date of publication of application : 29.08.2003

(51)Int.Cl.

H04L 7/00  
 H04J 3/26  
 H04L 1/00

(21)Application number : 2002-035390  
 (22)Date of filing : 13.02.2002

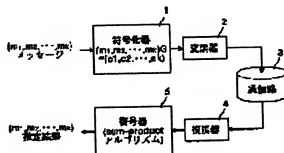
(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP  
 (72)Inventor : MATSUMOTO WATARU

## (54) COMMUNICATION SYSTEM, RECEIVER, TRANSMITTER AND COMMUNICATION METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a communication system which enables accurate synchronous control and user detection without using a preamble and a user code.

SOLUTION: The communication system is equipped with a transmitter for performing LDPC encoding and a receiver for performing LDPC decoding of receiving data of encoding word length sampled from a prescribed sampling start point, by using 'sum-product algorithm'. The receiver performs the synchronous control and the user detection by using the total sum of absolute values of logarithmic likelihood ratio of posteriori probability of each bit outputted as the decoded result.



## LEGAL STATUS

01.02.2005

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号 V  
特開2003-244109  
(P2003-244109A)

(43) 公開日 平成15年8月29日 (2003.8.29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 4 L 7/00		H 0 4 L 7/00	D 5 K 0 1 4
H 0 4 J 3/26		H 0 4 J 3/28	5 K 0 2 8
H 0 4 L 1/00		H 0 4 L 1/00	A 5 K 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2002-35390(P2002-35390)

(22) 出願日 平成14年2月13日 (2002.2.13)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 松本 渉

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74) 代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

Fターム(参考) 5K014 AA01 BA02 EA07

5K028 AA12 AA14 LL32 MM06 MM16

NN31 NN47

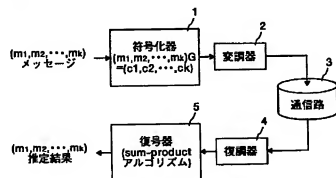
5K047 AA01 HH52 MM11

## (54) 【発明の名称】 通信システム、受信機、送信機および通信方法

## (57) 【要約】

【課題】 プリアンプルやユーザコードを用いることなく、正確に同期制御およびユーザ検出を行うことが可能な通信システムを得ること。

【解決手段】 本発明の通信システムは、LDPC符号化を行う送信機と、所定のサンプル開始点からサンプリングした符号語長分の受信データを、「Sum-product アルゴリズム」を用いてLDPC復号し、復号結果として出力される各ビットの事後確率の対数尤度比の絶対値の総和を用いて同期制御およびユーザ検出を行う受信機と、を備える構成とした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 LDPC符号化を行う送信機と、

所定のサンプル開始点からサンプリングした符号語長分の受信データを、「Sum-Productアルゴリズム」を用いてLDPC復号し、復号結果として出力される各ビットの事後確率の対数尤度比の絶対値の総和を用いて同期制御を行う受信機と、

を備えることを特徴とする通信システム。

【請求項2】 前記受信機は、前記対数尤度比の絶対値の総和を複数のサンプル開始点で確認し、前記対数尤度比の絶対値の総和が最大となるサンプル開始点をシンボル同期位置とすることを特徴とする請求項1に記載の通信システム。

【請求項3】 前記受信機は、繰り返し復号を行い、前記対数尤度比の絶対値の総和がより大きく増加するサンプル開始点をシンボル同期位置とすることを特徴とする請求項1または2に記載の通信システム。

【請求項4】 前記受信機は、キャリアセンスによりサンプル開始点を決定することを特徴とする請求項1、2または3に記載の通信システム。

【請求項5】 前記受信機は、前記シンボル同期を確立した後、復号結果に基づいて受信信号と復号後の信号の位相差を検出し、受信シンボル毎の位相差を所定の関係式で近似し、当該関係式の初期値に基づいてサンプル同期を確立し、当該関係式の傾きに基づいてクロック同期を確立することを特徴とする請求項2、3または4に記載の通信システム。

【請求項6】 前記送信機が、ユーザ個別の符号で符号化した送信データを連続して送信し、前記受信機が、前記対数尤度比の絶対値の総和に基づいて、受信データが自機に対するデータかどうかを判定することを特徴とする請求項1～5のいずれか一つに記載の通信システム。

【請求項7】 LDPC符号化を行う送信機と通信を行う受信機において、  
所定のサンプル開始点からサンプリングした符号語長分の受信データを、「Sum-Productアルゴリズム」を用いてLDPC復号し、復号結果として出力される各ビットの事後確率の対数尤度比の絶対値の総和を用いて同期制御を行うことを特徴とする受信機。

【請求項8】 前記対数尤度比の絶対値の総和を複数のサンプル開始点で確認し、前記対数尤度比の絶対値の総和が最大となるサンプル開始点をシンボル同期位置とすることを特徴とする請求項7に記載の受信機。

【請求項9】 繰り返し復号を行い、前記対数尤度比の絶対値の総和がより大きく増加するサンプル開始点をシンボル同期位置とすることを特徴とする請求項7または8に記載の受信機。

【請求項10】 キャリアセンスによりサンプル開始点を決定することを特徴とする請求項7、8または9に記載の受信機。

【請求項11】 前記シンボル同期を確立した後、復号結果に基づいて受信信号と復号後の信号の位相差を検出し、受信シンボル毎の位相差を所定の関係式で近似し、当該関係式の初期値に基づいてサンプル同期を確立し、当該関係式の傾きに基づいてクロック同期を確立することを特徴とする請求項8、9または10に記載の受信機。

【請求項12】 前記送信機がユーザ個別の符号で符号化した送信データを連続して送信した場合、

10 前記対数尤度比の絶対値の総和に基づいて、受信データが自機に対するデータかどうかを判定することを特徴とする請求項7～11のいずれか一つに記載の受信機。

【請求項13】 ユーザ個別の符号でLDPC符号化した送信データを連続して送信することを特徴とする送信機。

【請求項14】 送信機がLDPC符号化を行う符号化ステップと、

受信機が、所定のサンプル開始点からサンプリングした符号語長分の受信データを、「Sum-Productアルゴリズム」を用いてLDPC復号し、復号結果として出力される各ビットの事後確率の対数尤度比の絶対値の総和を用いて同期制御を行う復号/同期制御ステップと、  
20 を含むことを特徴とする通信方法。

【請求項15】 前記復号/同期制御ステップでは、前記対数尤度比の絶対値の総和を複数のサンプル開始点で確認し、前記対数尤度比の絶対値の総和が最大となるサンプル開始点をシンボル同期位置とすることを特徴とする請求項14に記載の通信方法。

30 【請求項16】 前記復号/同期制御ステップでは、繰り返し復号を行い、前記対数尤度比の絶対値の総和がより大きく増加するサンプル開始点をシンボル同期位置とすることを特徴とする請求項14または15に記載の通信方法。

【請求項17】 前記復号/同期制御ステップでは、キャリアセンスによりサンプル開始点を決定することを特徴とする請求項14、15または16に記載の通信方法。

40 【請求項18】 前記復号/同期制御ステップでは、前記シンボル同期を確立した後、復号結果に基づいて受信信号と復号後の信号の位相差を検出し、受信シンボル毎の位相差を所定の関係式で近似し、当該関係式の初期値に基づいてサンプル同期を確立し、当該関係式の傾きに基づいてクロック同期を確立することを特徴とする請求項15、16または17に記載の通信方法。

【請求項19】 前記符号化ステップでは、ユーザ個別の符号で符号化した送信データを連続して送信し、前記復号/同期制御ステップでは、前記対数尤度比の絶対値の総和に基づいて、受信データが自機に対するデータかどうかを判定することを特徴とする請求項14～18の

## 3

いずれか一つに記載の通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プリアンブルやユーザコード等の特定のシンボルを用いずに同期制御およびユーザ検出を行うことが可能な通信システムに関するものであり、特に、符号化時の生成行列に対応した検査行列を利用して、同期制御およびユーザ検出を行うことが可能な通信装置、受信機、送信機および通信方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】以下、従来の同期確立方法およびユーザ検出方法について説明する。まず、従来の同期確立方法について説明する。たとえば、送信側では、位相が反転したN個の信号（プリアンブル）を送信する（図19上段および中段参照）。一方、受信側では、プリアンブルにおける位相の反転を検出し、このタイミングで同期信号を出力し（図19下段参照）、被変調波のデータを復調する。通常、ノイズの多い通信路であっても正確に同期を確立できるようにするため、上記Nの数を10個以上に設定する場合が多い。

【0003】つぎに、従来のユーザ検出方法について説明する。通常、受信側では、上記プリアンブルに後続して送信されるユーザコードを用いて、受信フレームが自装置向けの通信フレームかどうかを確認する（図20参照）。このとき、受信側では、自装置に割り当てられたユニークなコードと一致するかどうかによってユーザ検出を行う。一般に、ノイズ等によりコードパターンが偶然一致してしまう確率を減らすため、最低でも1バイト（8ビット）以上をこのユーザコードに割り当てる場合が多い。なお、通信フレームの構成としては、たとえば、上記ユーザコードの前後に各種制御用コードが配置され、それらに後続してユーザ用のデータ（ペイロードデータ）が配置される（図20参照）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記、従来の通信方法においては、プリアンブルやユーザコードを通信フレーム中に配置することによって同期制御やユーザ検出を行っているため、通信フレームが冗長化する、という問題があった。

【0005】本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、プリアンブルやユーザコードを用いることなく、正確に同期制御およびユーザ検出を行うことが可能な通信システム、受信機、送信機および通信方法を得ることを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる通信システムにおいては、LDPC符号化を行う送信機と、所定のサンプル開始点からサンプリングした符号語長分の受信データ

## 4

タを、「Sum-Productアルゴリズム」を用いてLDPC復号し、復号結果として出力される各ビットの事後確率の対数尤度比の絶対値の総和を用いて同期制御を行う受信機と、を備えることを特徴とする。

【0007】つぎの発明にかかる通信システムにおいて、前記受信機は、前記対数尤度比の絶対値の総和を複数のサンプル開始点で確認し、前記対数尤度比の絶対値の総和が最大となるサンプル開始点をシンボル同期位置とすることを特徴とする。

10 【0008】つぎの発明にかかる通信システムにおいて、前記受信機は、繰り返し復号を行い、前記対数尤度比の絶対値の総和がより大きく増加するサンプル開始点をシンボル同期位置とすることを特徴とする。

【0009】つぎの発明にかかる通信システムにおいて、前記受信機は、キャリアセンスによりサンプル開始点を決定することを特徴とする。

【0010】つぎの発明にかかる通信システムにおいて、前記受信機は、前記シンボル同期を確立した後、復号結果に基づいて受信信号と復号後の信号の位相差を検出し、受信シンボル毎の位相差を所定の関係式で近似し、当該関係式の初期値に基づいてサンプル同期を確立し、当該関係式の傾きに基づいてクロック同期を確立することを特徴とする。

【0011】つぎの発明にかかる通信システムにおいては、前記送信機が、ユーザ個別の符号で符号化した送信データを連続して送信し、前記受信機が、前記対数尤度比の絶対値の総和に基づいて、受信データが自機に対するデータかどうかを判定することを特徴とする。

【0012】つぎの発明にかかる受信機においては、LDPC符号化を行う送信機と通信を行い、所定のサンプル開始点からサンプリングした符号語長分の受信データを、「Sum-Productアルゴリズム」を用いてLDPC復号し、復号結果として出力される各ビットの事後確率の対数尤度比の絶対値の総和を用いて同期制御を行うことを特徴とする。

【0013】つぎの発明にかかる受信機においては、前記対数尤度比の絶対値の総和を複数のサンプル開始点で確認し、前記対数尤度比の絶対値の総和が最大となるサンプル開始点をシンボル同期位置とすることを特徴とする。

10 【0014】つぎの発明にかかる受信機においては、繰り返し復号を行い、前記対数尤度比の絶対値の総和がより大きく増加するサンプル開始点をシンボル同期位置とすることを特徴とする。

【0015】つぎの発明にかかる受信機においては、キャリアセンスによりサンプル開始点を決定することを特徴とする。

【0016】つぎの発明にかかる受信機においては、前記シンボル同期を確立した後、復号結果に基づいて受信信号と復号後の信号の位相差を検出し、受信シンボル毎

5

の位相差を所定の関係式で近似し、当該関係式の初期値に基づいてサンプル同期を確立し、当該関係式の傾きに基づいてクロック同期を確立することを特徴とする。

【0017】つぎの発明にかかる受信機においては、前記送信機がユーザ個別の符号で符号化した送信データを連続して送信した場合、前記対数尤度比の絶対値の総和に基づいて、受信データが自機に対するデータかどうかを判定することを特徴とする。

【0018】つぎの発明にかかる送信機においては、ユーザ個別の符号でLDPC符号化した送信データを連続して送信することを特徴とする。

【0019】つぎの発明にかかる通信方法においては、送信機がLDPC符号化を行う符号化ステップと、受信機が、所定のサンプル開始点からサンプリングした符号語長分の受信データを、「Sum-Productアルゴリズム」を用いてLDPC復号し、復号結果として出力される各ビットの事後確率の対数尤度比の絶対値の総和を用いて同期制御を行う復号/同期制御ステップと、を含むことを特徴とする。

【0020】つぎの発明にかかる通信方法において、前記復号/同期制御ステップでは、前記対数尤度比の絶対値の総和を複数のサンプル開始点で確認し、前記対数尤度比の絶対値の総和が最大となるサンプル開始点をサンプル同期位置とすることを特徴とする。

【0021】つぎの発明にかかる通信方法において、前記復号/同期制御ステップでは、繰り返し復号を行い、前記対数尤度比の絶対値の総和がより大きく増加するサンプル開始点をサンプル同期位置とすることを特徴とする。

【0022】つぎの発明にかかる通信方法において、前記復号/同期制御ステップでは、キャリアセンスによりサンプル開始点を決定することを特徴とする。

【0023】つぎの発明にかかる通信方法において、前記復号/同期制御ステップでは、前記サンプル同期を確立した後、復号結果に基づいて受信信号と復号後の信号の位相差を検出し、受信シンボル毎の位相差を所定の関係式で近似し、当該関係式の初期値に基づいてサンプル同期を確立し、当該関係式の傾きに基づいてクロック同期を確立することを特徴とする。

【0024】つぎの発明にかかる通信方法において、前記符号化ステップでは、ユーザ個別の符号で符号化した送信データを連続して送信し、前記復号/同期制御ステップでは、前記対数尤度比の絶対値の総和に基づいて、受信データが自機に対するデータかどうかを判定することを特徴とする。

【0025】

【発明の実施の形態】以下に、本発明にかかる通信システムおよび通信方法の実施の形態を図面に基いて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

6

【0026】実施の形態1. 図1は、本発明にかかる通信システム、すなわち、LDPC (Low-Density Parity-Check) 符号化/復号システムを示す図である。図1において、1は符号化器であり、2は変調器であり、3は通信路であり、4は復調器であり、5は復号器である。

【0027】ここで、本発明にかかる通信方法を説明する前に、LDPC符号を使用した場合の符号化、復号の流れについて説明する。

【0028】まず、送信側の符号化器1では、後述する所定の方法で検査行列Hを生成する。そして、以下の条件に基づいて生成行列Gを求める。

$G: k \times n$  行列 ( $k$ : 情報長,  $n$ : 符号語長)

$GH^T = 0$  ( $T$ は転置行列)

【0029】その後、符号化器1では、情報長 $k$ のメッセージ ( $m_1 m_2 \dots m_k$ ) を受け取り、上記生成行列Gを用いて符号語Cを生成する。

$C = (m_1 m_2 \dots m_k) G$   
 $= (c_1 c_2 \dots c_n)$  (ただし、 $H (c_1 c_2 \dots c_n)^T = 0$ )

【0030】そして、変調器2では、生成した符号語Cに対して、BPSK, QPSK, 多値QAMなどのデジタル変調を行い、送信する。

【0031】一方、受信側では、復調器4が、通信路3を介して受け取った変調信号に対して、BPSK, QPSK, 多値QAMなどのデジタル復調を行い、さらに、復号器5が、LDPC符号化された復調結果に対して、「sum-productアルゴリズム」による繰り返し復号を実施し、推定結果 (もとの $m_1 m_2 \dots m_k$ に対応) を出力する。

【0032】なお、上記LDPC符号用の検査行列としては、たとえば、LDPCの発案者Gallagerにより以下のような行列が提案されている (図2参照)。

【0033】図2に示す行列は、「1」と「0」の2値の行列で、「1」の部分を塗りつぶしている。他の部分は全て「0」である。この行列は、1行の「1」の数 (これを行の重みと表現する) が4で、1列の「1」の数 (これを列の重みと表現する) が3であり、全ての列と行の重みが均一なため、これを一般に「Regular-LDPC符号」と呼んでいる。また、Gallagerの符号では、たとえば、図2に示すように、行列を3ブロックに分け、2ブロック目と3ブロック目に対してランダム置換を行っている。

【0034】なお、行と列の重み分布が均一でないもの、たとえば、重み3の列が5列存在し、重み5の列が10列存在するというような不均一な重み分布となるものを、「Irregular-LDPC符号」と呼んでいる。特に、「Irregular-LDPC符号」の符号構成は、重み分布を変えることにより非常に多くのパターンを構成できる。

50 【0035】以下、本実施の形態の通信システムにおけ

る符号化手順および復号手順を、最も基本的な Gallager のLDPC符号(図2参照)を用いて説明する。

【0036】まず、符号化器1では、たとえば、図2に示すLDPC符号をオリジナル行列Aとする。オリジナル行列Aは、(1)式のように表すことができる。

$$H = [c_2^{-1}c_1 | c_2^{-1}c_2] = [P | I_M] \quad (2)$$

なお、 $P = c_2^{-1}c_1$ とし、 $I_M = c_2^{-1}c_2$ (単位行列)とする。図3は、「Gaussian Elimination」の実行結果を示す図である。

【0038】つぎに、符号化器1では、下から3行が単位行列になっていないため(図3参照)、列単位に「Gaussian Elimination」を実行し、さらに、不完全な部分に対して行単位に「Gaussian Elimination」を実行する。図4は、「Gaussian Elimination」の実行結果を示す図である。ここでは、2列が全零行列となる。

【0039】つぎに、符号化器1では、右2列が単位行列になっていないため(図4参照)、この2列を左から6列目と7列目に挿入する。そして、下2行を削除する。これにより、最終的なパリティ検査行列Hは、 $N \times K = 20 \times 13$ の行列となる。図5は、符号化器1により生成された最終的なパリティ検査行列Hを示す図である。

【0040】最後に、符号化器1では、図5に示すパリティ検査行列Hを用いて生成行列Gを求め(3)式参照)、その後、送信系列Z(長さN)を生成する

(4)式参照)。

【0041】

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \ln \frac{f_1^{x(t)=0}}{f_1^{x(t)=1}} = \ln \frac{1 - f_1^{x(t)=1}}{f_1^{x(t)=1}} = \ln \frac{1}{\frac{1}{1 - f_1^{x(t)=1}}} \\ &= -\frac{4ay(t)}{2\sigma^2} = -\frac{2ay(t)}{\sigma^2} \quad (5) \end{aligned}$$

【0047】なお、 $\sigma^2$ はノイズの分散値( $\sigma$ はノイズの標準偏差)を表す。また、図6は、受信点における確率密度分布を示す図である。図6の縦軸は確率を表し、横軸は受信信号 $y(t)$ の位置を表す。

【0048】そして、(5)式を(6)式に示すように、尤度比 $\exp \alpha_1$ に変換する。

【0049】

【数3】

$$\exp \alpha_1 = \frac{1 - f_1^{x(t)=1}}{f_1^{x(t)=1}} \quad (6)$$

【0050】したがって、尤度 $f_1^{x(t)}$ は、(7)式および(8)式のように表すことができる。

$$A = [c_1 | c_2] \quad (1)$$

【0037】つぎに、符号化器1では、上記オリジナル行列Aに対して、「Gaussian Elimination」を実行し、(2)式に示すようなパリティ検査行列Hを生成する。

【数1】

$$G^T = \begin{bmatrix} I_K \\ P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_K \\ C_2^{-1}C_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$[0042] Z = G \text{ mod } 2 \quad (4)$$

ただし、sは情報系列(長さK)を表す。

【0043】一方、受信側の復号器5では、LDPCの復号方法として、たとえば、一般的な「Sum-Product アルゴリズム」を用いる。

【0044】まず、復号器5では、送信系列Z(=G smod 2)の尤度(likelihood)を求める。なお、時刻tの受信信号 $y(t)$ における送信データ $x(t)$ の尤度を $f_1^{x(t)}$ とする( $x(t): 0, 1$ )。また、尤度 $f_1^{x(t)=1}$ は、 $P(y(t) | x(t)=1)$ を意味し、 $x(t)=1$ のときに受信信号 $y(t)$ を受け取る確率を表す。

【0045】具体的にいうと、たとえば、尤度 $f_1^{x(t)=0}$ に対する尤度 $f_1^{x(t)=1}$ の対数尤度比を $\alpha_1$ とすると、対数尤度比 $\alpha_1$ は、(5)式のように表すことができる。

【0046】

【数2】

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \ln \frac{f_1^{x(t)=0}}{f_1^{x(t)=1}} = \ln \frac{1 - f_1^{x(t)=1}}{f_1^{x(t)=1}} = \ln \frac{1}{\frac{1}{1 - f_1^{x(t)=1}}} \\ &= -\frac{4ay(t)}{2\sigma^2} = -\frac{2ay(t)}{\sigma^2} \quad (5) \end{aligned}$$

【0051】

【数4】

$$f_1^{x(t)=1} = \frac{1}{1 + \exp \alpha_1} = \frac{1}{1 + \exp \left( -\frac{2ay(t)}{\sigma^2} \right)} \quad (7)$$

【0052】

【数5】

$$f_1^{x(t)=0} = 1 - f_1^{x(t)=1} \quad (8)$$

【0053】つぎに、復号器5では、以下の処理を行うことで上記送信系列を復号する。(1)初期設定として、ビット系列Xのn番目のビットが $x(0 \text{ or } 1)$ で

9

ある確率  $q_{mn}^x$  を、下記 (9) 式および (10) 式とする (Initialization)。なお、 $m$  は検査行を表し、 $n$  はビット列を表す。また、時刻  $t$  はビット列  $n$  に対応する ( $t = n$ )。

$$q_{mn}^0 = f_1^0 \quad (9)$$

$$q_{mn}^1 = f_1^1 \quad (10)$$

【0054】 (2)  $q_{mn}^0 - q_{mn}^1 = \delta(q_{mn})$  とし、(11) 式、(12) 式および (13) 式の計算を各  $m, n$  に対して行う (Horizontal Step)。

【0055】

【数6】

$$\delta r_{mn} = \prod_{h \in N(m) \setminus n} \delta q_{mh} \quad (11)$$

【0056】

$$r_{mn}^0 = (1 + \delta r_{mn}) / 2 \quad (12)$$

$$r_{mn}^1 = (1 - \delta r_{mn}) / 2 \quad (13)$$

なお、 $N(m)$  ( $\equiv \{n : H_{mn} = 1\}$ ) は、検査行  $m$  に参加するビット列  $n$  の集合を表し、 $N(m) \setminus n$  はビット列  $n$  を除く集合  $N(m)$  を表し、 $r_{mn}^x$  は、ビット系列  $X$  の  $n$  番目のビットが  $x$  であると確定し、 $n$  以外のビット  $h$  が確率  $q_{mh}$  によって与えられる分離した分布をもった検査行  $m$  の確率を表す。

【0057】 (3) 各  $m, n$  と  $x = 0, 1$  のケースにおいて、 $q_{mn}^x$  の値を、以下の (14) 式で更新する (Vertical Step)。

【0058】

【数7】

$$q_{mn}^x = \alpha_{mn} f_1^x \prod_{i \in M(n) \setminus m} r_{in}^x \quad (14)$$

【0059】なお、対数尤度比  $\alpha_{mn}$  は、 $\alpha_{mn} = 1 / (q_{mn}^0 + q_{mn}^1)$  とする。また、 $M(n)$  ( $\equiv \{m : H_{mn} = 1\}$ ) は、参加ビット列  $n$  によって検査される検査行  $m$  の集合を表し、 $i$  は  $m$  以外の検査行を表す。そして、擬似事後確率  $q_{n0}^1, q_{n1}^1$  を以下の (15) 式で更新する。

【0060】

【数8】

$$q_n^x = \alpha_1 f_1^x \prod_{m \in M(n)} r_{mn}^x \quad (15)$$

【0061】その後、復号器5では、 $HX^* = 0$  となるまで、上記処理を繰り返し実行する。なお、 $X^*$  は確率の高い方の  $x$  ( $0$  or  $1$ ) の系列を表す。

【0062】以上、ここまでの説明では、一般的な符号化/復号方法について説明したが、以降では、上記符号化/復号方法を本実施の形態の通信方法 (同期制御) に適用する場合について説明する。

【0063】図7は、本実施の形態における通信フレームを示す図である。送信側では、図7に示すように、LDPC符号化されたデータのみを送信する。

【0064】図8は、本実施の形態における受信サンプル点を示す図である。受信側では、図8に示すように、

10

信号エネルギーが拡大した点をキャリアセンスする。したがって、復号器5では、このキャリアセンス点から、あるいはキャリアセンスの感度により実際の先頭を捉えられなかったことを考慮して上記キャリアセンス点の数サンプル前から、サンプルを開始し、「Sum-Product アルゴリズム」を用いた符号長分のLDPC復号を行う。これにより、サンプル開始点の数を効率よく限定できる。

【0065】具体的にいうと、1回の復号で出力される

10 擬似事後確率を対数尤度比  $u_n$  で表現すると、(16) 式で表すことができる。また、この対数尤度比  $u_n$  の絶対値の合計  $\text{Sum\_abs\_LLRs}$  を (17) 式に示す。

【0066】

【数9】

$$u_n = \ln \frac{q_n^0}{q_n^1} \quad (16)$$

【0067】

【数10】

$$\text{Sum\_abs\_LLRs} = \sum_{n=1}^N |u_n| = \sum_{n=1}^N \left| \ln \frac{q_n^0}{q_n^1} \right| \quad (17)$$

【0068】したがって、復号器5では、上記 (17) 式に示す対数尤度比  $u_n$  の絶対値の合計  $\text{Sum\_abs\_LLRs}$  を用いて、この値が最大となるサンプル開始点を検出し、このポイントを同期位置とする。これにより、同期位置を正確に抽出できる。また、一回の復号で明確なサンプル開始点が分からなかった場合は、繰り返し回数を増やして、対数尤度比  $u_n$  の絶対値の合計  $\text{Sum\_abs\_LLRs}$  の差が明確になるまで復号を繰り返す。

【0069】以下に、上記同期制御の一例を示す。

【0070】図9は、「Irregular-LDPC 符号」のアンサンブル (重み配分) の一例を示す図である。 $D_1$  は列の重みの最大値を表し、 $\lambda_1$  は検査行列全体の重みに対する重み  $x$  の列に含まれる全重みの比率を表し、 $\rho_1$  は検査行列全体の重みに対する重み  $x$  の行に含まれる全重みの比率を表し、 $N_o$  は重み  $x$  の列または行の数を表す。また、たとえば、検査行列の重みの総数が  $32736$  の場合、 $x=3$  の列数は、 $N_o = 425$  で、比率が  $\lambda_1 = 32 * 425 / 32736 = 0.4154$  となる。ここでは、この符号化率 (Rate) =  $0.5$  の「Irregular-LDPC 符号」を用いて、同期がとれるかどうかの検証を行った。

【0071】図10は、図9のLDPC符号を用いて、AWGN下で1情報ビットあたりの信号対雑音電力比 ( $E_b/N_0$ ) =  $2.0$  dBのもとでシミュレーションを行った場合の、サンプル開始点と、対数尤度比の絶対

11

値の総和値と、の関係を示す図である。ここでは、0サンプルから511サンプルまでを1符号語とし、512サンプルから1023サンプルまでを1符号語とし、1024サンプルから1535サンプルまでを1符号語とし、1536サンプルから2047サンプルまでを1符号語として、4つの符号語を送信した場合を想定している。図10では、0サンプル目、512サンプル目、1024サンプル目、1536サンプル目、をサンプル開始点とした場合に、最も対数尤度比の絶対値の総和値が大きくなっている。すなわち、 $E_b/N_0 = 2.0$  dBと非常に低いSNRにもかかわらず、同期位置が正確に抽出されていることがわかる。

【0072】図11は、同一条件下における、0サンプルから511サンプルまでの複数のサンプル開始点における復号の繰り返し回数と、対数尤度比の絶対値の総和値との、関係を示す図である。この例では、0サンプル目以外のサンプル開始点において繰り返し復号の回数を増やしても、対数尤度比の絶対値の総和値が増えていない。一方、0サンプル目をサンプル開始点とした場合には、2回目の繰り返し復号から増加が始まり、10回目以上で急激に増加する。これにより、 $E_b/N_0 = 2.0$  dBと非常に低いSNRであっても、数回の繰り返し復号で明確にサンプル開始点が検出できる。したがって、図10および図11から明らかなように、このサンプル開始点がシンボル同期位置となる。

【0073】このシンボル同期位置の確定後、復号器5では、その位置で繰り返し復号を行い、対数尤度比から硬判定した結果 $H'X$ が $H'X = 0$ となるまで繰り返し復号を継続する。

【0074】つぎに、上記硬判定結果に基づいてサンプル同期およびクロック同期を確立する。

【0075】図12は、復号後の正確な星座点と受信時の星座点を示す図である。ここでは、復号後に確定したデータ（位置）と受信データ（位置）の位相差を比較する。また、復号後の正確な星座点と受信時の星座点との位相差を $\Delta\theta$ とする。

【0076】図13は、受信波1シンボル毎の位相差 $\Delta\theta$ を示す図である。ここでは、図13に示すように、受信シンボル毎の位相差 $\Delta\theta$ を（18）式に示す1次式で近似する。

$$\Delta\theta = \phi \times z + \psi \quad (18)$$

なお、 $z$ は受信シンボルの位置を表し、 $\phi$ は傾きを表し、 $\psi$ は初期値を表す。また、初期値 $\psi$ が、位相差のオフセット値、すなわち、サンプル位置のずれを示す。また、傾き $\phi$ が、送信用の基準クロックに対する受信用の基準クロックのずれを示している。したがって、本実施の形態では、これらの値を用いて、サンプル位置のずれを補正してサンプル同期を確立し、さらに、基準クロックのずれを補正してクロック同期を確立する。

【0077】図14は、サンプル同期制御とクロック同

12

同期制御の具体例を示す図である。図中Tは、サンプルクロックの周期を表し、1は1シンボル中のサンプル数を表す。図14に示すように、サンプル同期制御では、シンボルタイミングを $T \times (\psi/2\pi)$ だけシフトすることにより調整する。また、クロック同期制御では、サンプルクロックの周期を $T \times (1 - \phi/2\pi)$ とすることにより調整する。

【0078】このように、本実施の形態においては、送信機が、LDPC符号化を行い、受信機が、所定のサンプル開始点からサンプリングした符号語長分の受信データを、「Sum-Productアルゴリズム」を用いてLDPC復号し、復号結果として出力される各ビットの事後確率の対数尤度比の絶対値の総和を用いて同期制御を行うシステム構成とした。これにより、プリアンブルやユーザコードを用いることなく、正確に同期制御を行うことができる。

【0079】また、本実施の形態の受信機は、対数尤度比の絶対値の総和値を複数のサンプル開始点で確認し、その総和が最大となるサンプル開始点をシンボル同期位置とする。これにより、明確にサンプル開始点を検出できる。

【0080】本実施の形態の受信機は、繰り返し復号を行い、対数尤度比の絶対値の総和がより急激に増加するサンプル開始点をシンボル同期位置とする。これにより、非常にSNRが低い場合であっても明確にサンプル開始点を検出できる。

【0081】また、本実施の形態の受信機は、キャリアセンスによりサンプル開始点を決定する。これにより、サンプル開始点の数を効率よく限定できる。

【0082】また、本実施の形態の受信機は、シンボル同期を確立した後、復号結果に基づいて受信信号と復号後の信号の位相差を検出し、受信シンボル毎の位相差を（18）式で近似し、当該（18）式の初期値に基づいてサンプル位置のずれを補正し、当該（18）式の傾きに基づいて基準クロックのずれを補正する。これにより、正確にサンプル同期およびクロック同期を確立できる。

【0083】実施の形態2。実施の形態2では、本発明にかかる通信装置におけるユーザ検出方法について説明する。

【0084】図15は、実施の形態2のシステム構成を示す図であり、11は送信機であり、12、13は受信機である。本実施の形態では、LDPC符号に多様性を持たせ、それぞれの符号を各ユーザに割り当てることによりユーザを検出する。

【0085】前述の同期制御で説明したように、受信側では、送信側のLDPC符号の生成行列Gとそれに対応した受信側の検査行列Hが1対1に対応していないと復号できないので、ここでは、図9に例示したアンサンプルを、図16および図17のように変更することで、検



査行列を多様化する。

【0086】 具体的にいうと、ユーザA用に図16に示す重み配分を行い、ユーザB用に図17に示す重み配分を行う。たとえば、図15に示すように送信機：受信機が1：2のシステムで、送信側が、図18(a)に示すように、ユーザAの符号で符号化した送信データと、ユーザBの符号で符号化した送信データと、を連続して送信した場合、ユーザAおよびユーザBの受信機では、それぞれ式(17)で示した対数尤度比の絶対値の合計  $\text{Sum\_abs\_LLRs}$  を用いて、自機に対するデータかどうかを判定する。

【0087】 このように、本実施の形態においては、送信側が、ユーザ個別の符号で符号化した送信データを連続して送信し、受信側が、それぞれ式(17)で示した対数尤度比の絶対値の合計  $\text{Sum\_abs\_LLRs}$  を用いて、自機に対するデータかどうかを判定する構成とした。これにより、送信機にてユーザ毎にユニークな既知のユーザコードを送信することなく、受信機にて自分のデータを検出できる。

【0088】 なお、実施の形態1および2にて説明した機能は、LDPC符号のかわりに、たとえば、ターボ符号やリビートアキュムレート符号を用いた場合であっても、復号器から出力される対数尤度比の絶対値の総和を用いることで、同様に実現できる。ただし、ターボ符号やリビートアキュムレート符号を用いた場合にはインタリーブに多様性を持たせることが可能となるため、インタリーブの各パターンをユーザ個別に割り振ることにし、上記と同等のマルチユーザ検出を実現する。

#### 【0089】

【発明の効果】 以上、説明したとおり、本発明によれば、送信機が、LDPC符号化を行い、受信機が、所定のサンプル開始点からサンプリングした符号語長分の受信データを、「Sum-Productアルゴリズム」を用いてLDPC復号し、復号結果として出力される各ビットの事後確率の対数尤度比の絶対値の総和を用いて同期制御を行うシステム構成とした。これにより、プリアンブルやユーザコードを用いることなく、正確に同期制御を行うことが可能な通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0090】 つぎの発明によれば、受信機が、対数尤度比の絶対値の総和を複数のサンプル開始点で確認し、その総和が最大となるサンプル開始点をシンボル同期位置とする。これにより、明確にサンプル開始点を検出可能な通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0091】 つぎの発明によれば、受信機が、繰り返し復号を行い、対数尤度比の絶対値の総和がより急激に増加するサンプル開始点をシンボル同期位置とする。これにより、非常にSNRが低い場合であっても明確にサンプル開始点を検出することが可能な通信システムを得る

ことができる、という効果を奏する。

【0092】 つぎの発明によれば、受信機が、キャリアセンスによりサンプル開始点を決定する。これにより、サンプル開始点の数を効率よく限定することが可能な通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0093】 つぎの発明によれば、受信機が、シンボル同期を確立した後、復号結果に基づいて受信信号と復号後の信号の位相差を検出し、受信シンボル毎の位相差を所定の関係式で近似し、当該式の初期値に基づいてサンプル位置のずれを補正し、当該式の傾きに基づいて基準クロックのずれを補正する。これにより、正確にサンプル同期およびクロック同期を確立することが可能な通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0094】 つぎの発明によれば、送信側が、ユーザ個別の符号で符号化した送信データを連続して送信し、受信側が、それぞれ対数尤度比の絶対値の合計  $\text{Sum\_abs\_LLRs}$  を用いて、自機に対するデータかどうかを判定するシステム構成とした。これにより、送信機にてユーザ毎にユニークな既知のユーザコードを送信することなく、受信機にて自分のデータを検出することが可能な通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0095】 つぎの発明によれば、所定のサンプル開始点からサンプリングした符号語長分の受信データを用いて「Sum-Productアルゴリズム」を用いてLDPC復号し、復号結果として出力される各ビットの事後確率の対数尤度比の絶対値の総和を用いて同期制御を行う構成とした。これにより、プリアンブルやユーザコードを用いることなく、正確に同期制御を行うことが可能な受信機を得ることができる、という効果を奏する。

【0096】 つぎの発明によれば、対数尤度比の絶対値の総和を複数のサンプル開始点で確認し、その総和が最大となるサンプル開始点をシンボル同期位置とする。これにより、明確にサンプル開始点を検出可能な受信機を得ることができる、という効果を奏する。

【0097】 つぎの発明によれば、繰り返し復号を行い、対数尤度比の絶対値の総和がより急激に増加するサンプル開始点をシンボル同期位置とする。これにより、非常にSNRが低い場合であっても明確にサンプル開始点を検出することが可能な受信機を得ることができる、という効果を奏する。

【0098】 つぎの発明によれば、キャリアセンスによりサンプル開始点を決定する。これにより、サンプル開始点の数を効率よく限定することが可能な受信機を得ることができる、という効果を奏する。

【0099】 つぎの発明によれば、シンボル同期を確立した後、復号結果に基づいて受信信号と復号後の信号の位相差を検出し、受信シンボル毎の位相差を所定の関係式で近似し、当該式の初期値に基づいてサンプル位置のずれを補正し、当該式の傾きに基づいて基準クロックの

ずれを補正する。これにより、正確にサンプル同期およびクロック同期を確立することが可能な受信機を得ることができる、という効果を奏する。

【0100】つぎの発明によれば、送信側からユーザ個別の符号で符号化された送信データが連続送信された場合に、それぞれ対数尤度比の絶対値の合計  $\text{Sum\_abs\_LLRs}$  を用いて、自機に対するデータかどうかを判定する構成とした。これにより、送信機からユーザ毎にユニークな既知のユーザコードを送信させることなく、自分のデータを検出することが可能な受信機を得ることができる、という効果を奏する。

【0101】つぎの発明によれば、送信側が、ユーザ個別の符号で符号化した送信データを連続送信し、受信側に、自機に対するデータかどうかを判定させる。これにより、ユーザ毎にユニークな既知のユーザコードを送信しない送信機を得ることができる、という効果を奏する。

【0102】つぎの発明によれば、送信機が、LDPC符号化を行い、受信機が、所定のサンプル開始点からサンプリングした符号語長分の受信データを、「Sum Product アルゴリズム」を用いてLDPC復号し、復号結果として出力される各ビットの事後確率の対数尤度比の絶対値の総和を用いて同期制御を行う。これにより、プリアンブルやユーザコードを用いることなく、正確に同期制御を行うことができる、という効果を奏する。

【0103】つぎの発明によれば、受信機が、対数尤度比の絶対値の総和値を複数のサンプル開始点で確認し、その総和が最大となるサンプル開始点をシンボル同期位置とする。これにより、明確にサンプル開始点を検出できる、という効果を奏する。

【0104】つぎの発明によれば、受信機が、繰り返し復号を行い、対数尤度比の絶対値の総和がより急激に増加するサンプル開始点をシンボル同期位置とする。これにより、非常にSNRが低い場合であっても明確にサンプル開始点を検出できる、という効果を奏する。

【0105】つぎの発明によれば、受信機が、キャリアセンスによりサンプル開始点を決定する。これにより、サンプル開始点の数を効率よく限定できる、という効果を奏する。

【0106】つぎの発明によれば、受信機が、シンボル同期を確立した後、復号結果に基づいて受信信号と復号後の信号の位相差を検出し、受信シンボル毎の位相差を所定の関係式で近似し、当該式の初期値に基づいてサンプル位置のずれを補正し、当該式の傾きに基づいて基準クロックのずれを補正する。これにより、正確にサンプル同期およびクロック同期を確立できる、という効果を奏する。

【0107】つぎの発明によれば、送信側が、ユーザ個

別の符号で符号化した送信データを連続して送信し、受信側が、それぞれ対数尤度比の絶対値の合計  $\text{Sum\_abs\_LLRs}$  を用いて、自機に対するデータかどうかを判定する。これにより、送信機にてユーザ毎にユニークな既知のユーザコードを送信することなく、受信機にて自分のデータを検出することができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかる通信システムの構成を示す図である。

【図2】 Gallagerにより提案されているLDPC符号用の検査行列を示す図である。

【図3】 「Gaussian Elimination」の実行結果を示す図である。

【図4】 「Gaussian Elimination」の実行結果を示す図である。

【図5】 符号化器により生成された最終的なパリティ検査行列Hを示す図である。

【図6】 受信点における確率密度分布を示す図である。

【図7】 実施の形態1における通信フレームを示す図である。

【図8】 実施の形態1における受信サンプル点を示す図である。

【図9】 「Irregular-LDPC符号」のアンサンブルの一例を示す図である。

【図10】 サンプル開始点と対数尤度比の絶対値の総和値との関係の一例を示す図である。

【図11】 復号の繰り返し回数と対数尤度比の絶対値の総和値との関係の一例を示す図である。

【図12】 復号後の正確な星座点と受信時の星座点を示す図である。

【図13】 受信波1シンボル毎の位相差  $\Delta\theta$  を示す図である。

【図14】 サンプル同期制御とクロック同期制御の具体例を示す図である。

【図15】 実施の形態2のシステム構成を示す図である。

【図16】 検査行列の多様化の一例を示す図である。

【図17】 検査行列の多様化の一例を示す図である。

【図18】 実施の形態2のユーザ検出方法を示す図である。

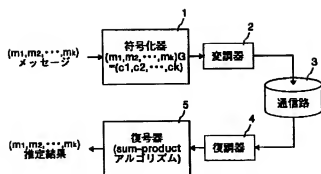
【図19】 従来の同期制御方法を説明するための図である。

【図20】 従来のユーザ検出方法を説明するための図である。

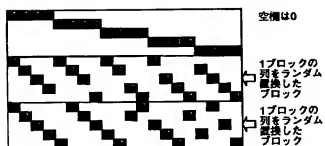
【符号の説明】

1 符号化器、2 変調器、3 通信路、4 復調器、5 復号器、11 送信機、12、13 受信機。

【図1】

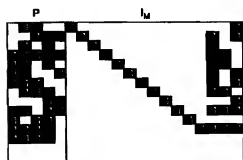


【図2】

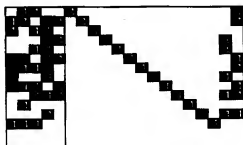


【図7】

【図3】



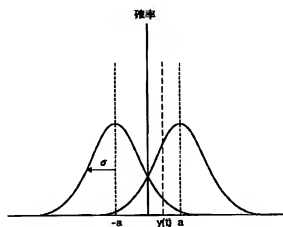
【図4】

LDPC符号により符号化された  
ペイロードデータ

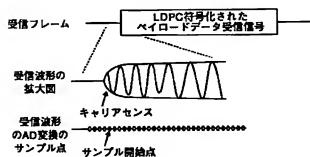
【図5】



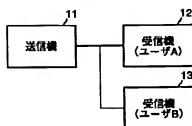
【図6】



【図8】



【図15】





【図 16】

rate=0.5のirregular LDPC符号 (ユーザA)

D1	32		
Rate	0.5		
	x	$\lambda_x$	No.
	2	0.165506	2709
	3	0.187867	2050
	6	0.007331	40
	7	0	0
	8	0.223851	916
	32	0.4154	425
	x	$P_x$	No.
	10	0.3125	1023
	11	0.6875	2046

【図 17】

rate=0.5のirregular LDPC符号 (ユーザB)

D1	32		
Rate	0.5		
	x	$\lambda_x$	No.
	2	0.178590156	2923
	3	0.149376833	1630
	6	0.02016129	110
	7	0.219819159	1028
	8	0.005665103	24
	32	0.426197458	436
	x	$P_x$	No.
	10	0.3125	1023
	11	0.6875	2046

【図 19】

【図 18】

(a)

ユーザAの符号で 符号化された送信 データ	ユーザBの符号で 符号化された送信 データ
-----------------------------	-----------------------------

(b)

ユーザAの 受信機の Sum_abs_LLRs	
ユーザBの 受信機の Sum_abs_LLRs	

